PRINCIPI TECNICI E NORMATIVI DEL CALCESTRUZZO RICICLATO

L'uso di aggregati riciclati per la produzione di calcestruzzo, il cosiddetto calcestruzzo riciclato, sta diventando sempre più importante nell'ambito di un metodo di costruzione a basso consumo di risorse. Il consumo di aggregati naturali può quindi essere ridotto ed è possibile evitare il deposito di materiale minerale da demolizioni nelle discariche.

Il presente codice di esercizio si basa sullo stato attuale delle conoscenze e sull'attuale documento tecnico SIA 2030 «Calcestruzzo con aggregati riciclati». Il suo scopo è quello di consentire l'uso sicuro del calcestruzzo riciclato nelle costruzioni in calcestruzzo.

INFORMAZIONI GENERALI

Fondamentalmente si distinguono due tipi di aggregati riciclati: il granulato di calcestruzzo (C) e il granulato misto (M). Il granulato di calcestruzzo si ottiene attraverso il trattamento di calcestruzzo da demolizioni, risultante dallo smantellamento di calcestruzzo con o senza armatura (fig. 1 al centro). Il granulato misto, invece, deriva dal trattamento di materiale misto da demolizione (fig. 1, a destra).

I due tipi di aggregati riciclati si differenziano da quelli naturali per le loro proprietà presentando anche maggiori variazioni nella loro composizione.

Il calcestruzzo a prestazione garantita, in aggiunta all'aggregato naturale, può contenere meno del 25 % in massa di granulato di calcestruzzo C o meno del 10 % in massa di granulato misto M, a condizione che l'aggregato riciclato sia stato preso in considerazione nell'ambito della prova iniziale e che siano disponibili verifiche di conformità.

Calcestruzzo con aggregati riciclati

Figura 1: aggregati per calcestruzzo (a sinistra: aggregati naturali arrotondati, al centro: granulato di calcestruzzo, destra: granulato misto).

CALCESTRUZZO RICICLATO: DEFINIZIONE

Il calcestruzzo riciclato (RC-C o RC-M) è considerato come un «calcestruzzo a prestazione garantita» secondo le norme SN EN 206 e SIA 262, a condizione che siano soddisfatti i requisiti delle norme SN EN 206 e SIA MB 2030. L'utilizzo del calcestruzzo riciclato è consentito per i tipi di calcestruzzo indicati in Tabella 2.

Calcestruzzo riciclato RC-C

Un calcestruzzo riciclato RC-C è un «calcestruzzo a prestazione garantita» secondo SN EN 206 la cui miscela di aggregati contiene almeno il 25 % in massa di granulato di calcestruzzo (C). In funzione delle proporzioni dichiarate di granulato (C), il calcestruzzo riciclato RC-C è suddiviso nelle seguenti classi:

- RC-C25: 25 % m/m ≤ C ≤ 50 % m/m
- RC-C50: 50 % m/m ≤ C ≤ 100 % m/m

Al calcestruzzo riciclato RC-C non deve essere aggiunto granulato misto (M).

HOLCIM

Calcestruzzo riciclato RC-M
Un calcestruzzo riciclato RC-M è un «calcestruzzo a prestazione garantita» secondo SN EN 206 la cui miscela di aggregati contiene almeno il 10 % in massa di granulato misto (M). In funzione delle proporzioni dichiarate di granulato (M), il calcestruzzo riciclato RC-M è suddiviso nelle seguenti classi:
- RC-M10: 10 % m/m ≤ C ≤ 40 % m/m
- RC-M10: 40 % m/m ≤ C ≤ 100 % m/m

Il granulato di calcestruzzo (C) può essere aggiunto al calcestruzzo riciclato RC-M e conteggiato come granulato misto (M), se la percentuale minima di granulato misto (M) della rispettiva classe di calcestruzzo riciclato è almeno del 40 % in massa.

In linea di principio, il calcestruzzo riciclato è classificato e utilizzato come calcestruzzo conforme alle norme SN EN 206 e SIA 262, a condizione che la SIA MB 2030 non contenga indicazioni contrarie.

CALCESTRUZZO RICICLATO: CARATTERISTICHE

Le proprietà del calcestruzzo contenente aggregati riciclati possono differire da quelle del calcestruzzo prodotto esclusivamente con aggregati naturali, motivo per cui a volte sono necessarie regolamentazioni speciali. L'entità delle variazioni delle caratteristiche dipende principalmente dal tipo di aggregato riciclato (granulato di calcestruzzo C o granulato misto M), dal suo contenuto e dalla sua qualità. Questo deve essere preso in considerazione per i rispettivi campi di applicazione (ad es. calcestruzzo per il genio civile, faccia a vista, pavimentazioni, attacco chimico).

I requisiti per il rapporto acqua-cemento **(rapporto a/c)** sono gli stessi del calcestruzzo con aggregati naturali secondo SN EN 206. Ciò significa che **l'assorbimento d'acqua** deve essere determinato come per gli aggregati naturali e deve essere preso in considerazione nel calcolo del rapporto a/c.

Soprattutto con un contenuto più elevato di aggregati riciclati, le caratteristiche del calcestruzzo fresco e indurito possono differire da quelle del calcestruzzo con aggregati naturali. Ciò significa che rispetto a un calcestruzzo con aggregati naturali, a parità di resistenze alla compressione, il calcestruzzo riciclato tende ad avere un assorbimento d'acqua, un **ritiro** e una **deformazione viscosa** maggiori, e un modulo di elasticità inferiore. A tal proposito, oltre alle regole di progettazione della norma SIA 262, sono state create ulteriori regole nel documento tecnico SIA MB 2030.

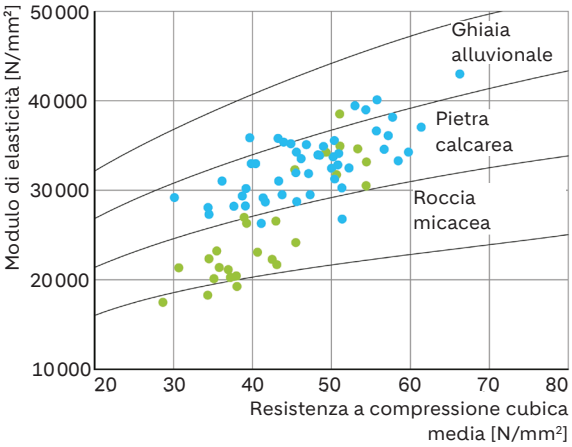

Figura. 2: modulo elastico in base alla resistenza a compressione del calcestruzzo dopo 28 giorni per calcestruzzi riciclati RC-C e RC-M rispetto al calcestruzzo normale prodotto con aggregati naturali.

Il **modulo di elasticità** dei calcestruzzi riciclati RC-C e RC-M deve essere dichiarato utilizzando le classi di modulo di elasticità indicate in Tabella 1. Tali classi si basano sulle misure dei moduli di elasticità medio E_{rcm} e minimo $E_{rc,i,min}$.

Classe del modulo di elasticità	E_{rcm} N/mm²	$E_{rc,i,min}$ N/mm²
EX	nessun requisito	nessun requisito
E15	≥ 15 000	≥ 12 000
E20	≥ 20 000	≥ 17 000
E25	≥ 25 000	≥ 22 000
E28[1]	≥ 28 000	≥ 25 000

[1] dopo opportune prove preliminari sono ammesse classi del modulo E più elevate a passi di 2000.

Tabella 1: definizione delle classi del modulo di elasticità e requisiti per i moduli di elasticità misurati.

Classe di calcestruzzo riciclato	**Tipo di calcestruzzo secondo SN EN 206: 2013+A2:2021, prospetti NA.5 e NA.8**								
	0	A	B	C	D	E	F	G	Calcestruzzo per pali di fondazione P1, P2, P3, P4
RC-C25	consentito				1)	non consentito			consentito
RC-C50	consentito				1)	non consentito			1)
RC-M10	consentito			1)	non consentito				1)
RC-M40	consentito	1)			non consentito				1)

1) consentito solo dopo le relative prove preliminari.

Tabella 2: utilizzo del calcestruzzo riciclato

CALCESTRUZZO RICICLATO: CAMPI DI IMPIEGO

L'uso del calcestruzzo riciclato per applicazioni speciali come il calcestruzzo faccia a vista, le pavimentazioni in calcestruzzo e il calcestruzzo per attacco chimico deve essere chiarito in anticipo. L'uso di calcestruzzo riciclato dovrebbe essere evitato se è richiesta la resistenza ai RAA.

Il calcestruzzo riciclato RC-M non deve essere utilizzato per il calcestruzzo precompresso e per le parti d'opera a rischio fatica. Il calcestruzzo RC-C può essere utilizzato per queste applicazioni previo prove preliminari.

CALCESTRUZZO RICICLATO: GARA DI APPALTO

La designazione del calcestruzzo riciclato RC-C e RC-M come calcestruzzo a prestazione garantita viene effettuata al momento dell'ordine e sulla bolla di consegna in conformità alla norma SN EN 206 con le seguenti informazioni aggiuntive (utilizzo come da tabella 2, classi del modulo E come da tabella 1). In linea di principio, l'autore del capitolato deve verificare in anticipo le specifiche tecniche (ad es. la classe del modulo E in relazione alla percentuale di aggregato riciclato) e la disponibilità regionale.

Esempio di calcestruzzo riciclato RC-C

è definito come calcestruzzo a prestazione garantita, ad esempio come segue:

- Requisiti fondamentali: Calcestruzzo secondo SN EN 206, C25/30, XC3(CH), D_{max} 32, Cl 0,20, C3
- Requisiti supplementari: classe di calcestruzzo riciclato RC-C25, classe del modulo di elasticità E30

Esempio di calcestruzzo riciclato RC-M

è definito come calcestruzzo a prestazione garantita, ad esempio come segue:

- Requisiti fondamentali: calcestruzzo secondo SN EN 206, C20/25, XC2(CH), D_{max} 32, Cl 0,20, C3
- Requisiti supplementari: classe di calcestruzzo riciclato RC-M10, classe del modulo di elasticità E20

CALCESTRUZZO RICICLATO: IMPATTO AMBIENTALE

Il calcestruzzo riciclato preserva le risorse naturali e le discariche. In termini di emissioni di CO_2, il bilancio dipende principalmente dalla quantità e dal tipo di cemento utilizzato nonché dalla lunghezza dei percorsi di trasporto. L'impiego di cemento con minore emissione di CO_2 riduce ulteriormente le emissioni del calcestruzzo riciclato.

L'uso del calcestruzzo riciclato è sempre più richiesto dai committenti (ad es. principi di pianificazione per i committenti secondo le raccomandazioni della KBOB), in particolare nella costruzione di nuovi componenti edilizi con lo standard di sostenibilità Minergie-ECO. In questo standard di sostenibilità vengono definiti i seguenti requisiti per l'utilizzo del calcestruzzo riciclato nei nuovi edifici:

- La percentuale in volume dei componenti realizzati con calcestruzzo riciclato (in conformità con il documento tecnico SIA 2030), in relazione alla costruzione in calcestruzzo per la quale il calcestruzzo riciclato può essere utilizzato, in linea di principio deve essere almeno del 50 %.
- La distanza tra l'impianto di calcestruzzo riciclato e il cantiere non deve superare i 25 km. Se non esiste un'opzione di fornitura nel raggio di 25 km dal cantiere o se il materiale riciclato deve essere trasportato per più di 25 km fino all'impianto di calcestruzzo, il calcestruzzo riciclato non deve essere utilizzato.

Il progettista deve adottare le seguenti misure per garantire la conformità ai criteri e alle specifiche:

- Chiarire la disponibilità dei tipi di calcestruzzo RC
- Determinare i componenti che possono essere realizzati con calcestruzzo riciclato e garantire la proporzione minima richiesta rispetto al volume totale del calcestruzzo
- Prescrivere i tipi di calcestruzzo riciclato corrispondenti con le quantità previste nel preventivo

Con l'impiego di calcestruzzo riciclato potete promuovere l'edilizia sostenibile. Contattate i nostri referenti della vostra regione: vi offriranno soluzioni ottimizzate e su misura delle vostre esigenze.

Scoprite di più su:
holcimpartner.ch

Avvertenze legali
Holcim redige il presente documento con la massima cura in base alle conoscenze e all'esperienza attuali. Holcim non fornisce alcuna garanzia per quanto riguarda la correttezza, l'attualità e la completezza e declina ogni responsabilità per eventuali danni derivanti dalla presente raccomandazione. L'utente é responsabile personalmente di verificare l'idoneità dei prodotti all'uso previsto e la loro conformità alle disposizioni legali e alle norme di sicurezza. La presente raccomandazione è oggetto di costanti modifiche e vale solo la versione attuale.